

2) Die Wellengleichung

Wir fanden:

$$u(x,t) = u_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$$

Beschreibt eine Welle.

$u(x,t)$ ist Lösung der folgenden Dgl.:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

soq. Wellengleichung
 c : Phasengeschw.

3) Der dreidimensionale Fall

Wellenvektor: $\vec{k} = (k_x, k_y, k_z)$
 $\left\{ \begin{array}{l} \vec{k} \text{ zeigt in} \\ \text{Ausbreitungsrichtung} \\ \text{der Welle} \end{array} \right\}$

 $\vec{r} = (x, y, z)$

$$u(\vec{r}, t) = u_0 \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$$

$$\text{mit } \vec{k} \cdot \vec{r} = k_x x + k_y y + k_z z$$

wobei:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

Wellengleichung in 3 Dimensionen.

4) Arten von Wellen

a) Longitudinale und transversale Wellen

transversal: Bewegung des Oszillators (bzw. ^{Teilch.} Teilchen) des oszillierenden Feldvektors senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.

Longitudinal: parallel zur Ausbreitungsrichtung

Bsp.: transversale Wellen: Seilwelle, Wasser, ...

Longitudinale Wellen: Schall

b) ebene Wellen und Kugelwellen

Wellenfront = ^{zusammenhängende} Menge aller Punkte gleicher Phase

ebene Wellen: die Wellenfront ist eine Ebene

Bsp.: Wasserwellen im Kanal

(Bsp.: ∞ ausgedehnter flächenhafter Erreger)

Kugelwellen: die Wellenfront ist eine Kugel (oder Halbkugel). $\rightarrow$ punktförmiger ^{Erreger}

Bsp.: Wasserwellen nach Steinwurf im See

"Kugelwellen" in 2 Dimensionen: Kreiswellen: Wellenfronten sind Kreise

(Bsp.: punktförmiger Erreger).

1) eingespanntes Seilende = Schwingungsknoten (Knoten)

stehende Welle, falls:

$$l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad n \in \mathbb{N}$$

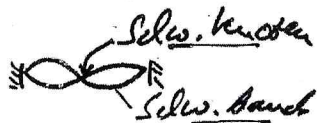
Frequenzbedingung für stehende Welle:

$$\left. \begin{array}{l} l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \\ c = \lambda \cdot \nu \end{array} \right\} \nu_n = \frac{n}{2} \frac{c}{l} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

ν_n : Resonanzfrequenzen
(Eigenfrequenzen)



$l = \frac{\lambda}{2}$: Grundschwingung $n=1$



$l = \lambda$: erste Oberschwingung $n=2$



$l = \frac{3}{2} \lambda$: zweite Oberschwingung $n=3$

$\vdots$

2) offenes Seilende = Schwingungsbauch



$l = \frac{\lambda}{4}$: Grundschwingung



$l = \frac{3}{4} \lambda$ } Oberschwingungen



$l = \frac{5}{4} \lambda$ } $\nu_n = \frac{n}{4} \frac{c}{l} \quad n = 1, 3, 5, \dots$

Beispiel: stehende Wellen in Luftsäulen
(Orgelpfeifen, Blasinstrumente etc.)



geschlossen



einseitig
offen



beidseitig
offen

zweite
Grundschw.

analog: 2- bzw. 3-dim. Eigenerschwingungen
von Platten, Glöden etc. als stehende Wellen
↳ Chladnische Figuren

Phasensprung bei Reflexion:

* am offenen Ende : 0
(Blas: keine Kraft auf Seit etc.)

* am geschlossenen bzw. eingespannten Ende : π

vorher:

nachher: